

BAB IV

EVALUASI PROTOTIPE DAN PENGUJIAN PROTOTIPE

Setelah selesai pembuatan prototipe, maka dilakukan evaluasi prototipe, apakah prototipe tersebut telah sesuai dengan SNI atau tidak, setelah itu baru dilakukan pengujian dengan fungsinya sebagai inkubator ruangan terkontrol dengan acuan SNI. Setelah dilakukan evaluasi prototipe didapatkan perubahan-perubahan sampai akhirnya dapat memenuhi syarat sebagai inkubator ruangan terkontrol.

4.1 Prototipe I

Setelah di evaluasi, ada beberapa komponen yang tidak sesuai dengan yang diharapkan, seperti :

1. Berat *box* Inkubator

Berat dari prototipe *box* inkubator I ini tidak sesuai dengan yang diharapkan, karena terlalu berat sebagai inkubator transportasi.



Gambar 4.1 *Box* inkubator prototipe I

2. Material yang di pergunakan

Material yang dipergunakan pada penutup *box* dan saluran udara panas tidak sesuai dengan yang di harapkan, dikarenakan material yang dipergunakan dapat menyerap panas, sehingga distribusi panas yang seharusnya dapat lebih cepat memanaskan *hood* banyak yang terbuang.



Gambar 4.2 Penutup *box* inkubator prototipe I



Gambar 4.3 Saluran udara panas prototipe I



Gambar 4.4 Box kontrol inkubator prototipe I

3. Pemanas yang digunakan

Pemanas (*heater*) yang dipergunakan pada prototipe I menggunakan daya 100W dan tanpa sirip, sehingga pemanas tidak berjalan dengan baik untuk memanaskan ruangan inkubator.



Gambar 4.5 Pemanas inkubator prototipe I

4.1.1 Pengujian Prototipe I

Pada pengujian prototipe I ini hanya dilakukan pengujian tanpa mengontrol udara panas. Tujuan dari pengujian ini cuma untuk mencari karakteristik dari pemanasan dari ruangan inkubator prototipe I.

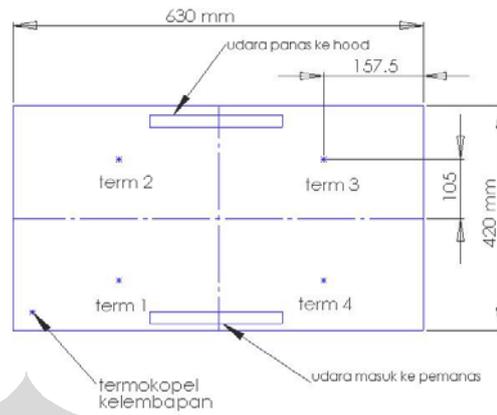
Alat-alat yang di gunakan :

- Menggunakan termokopel type K
- Menggunakan Digital Temperature Recorder
- Kain
- Air di gelas

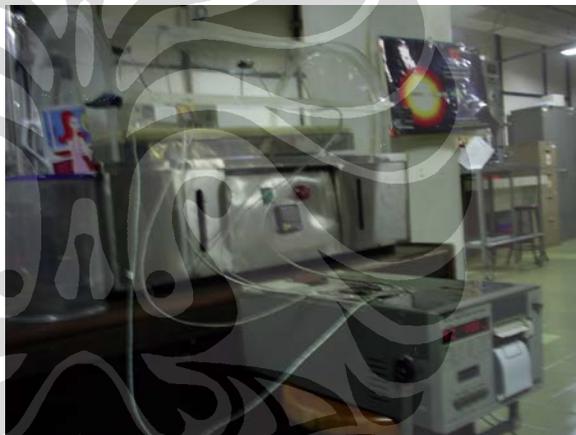
Keterangan:

Pengujian dilakukan dalam waktu 30 menit, untuk melihat karakteristik dari pemanas yang digunakan. Peletakan termokopel 10cm dari permukaan tempat tidur.

Skema Pengujian

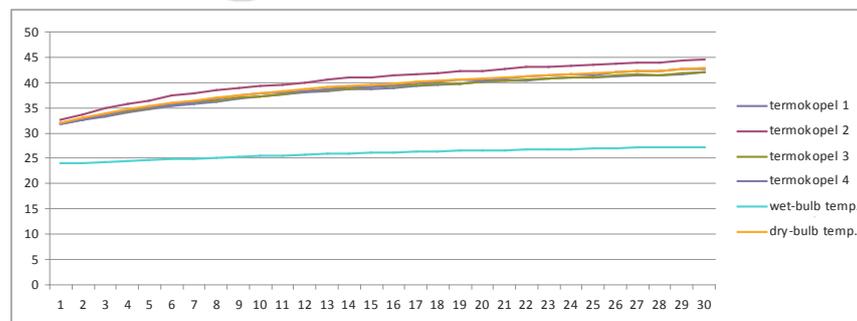


Gambar 4.6 Peletakan Termokopel pengujian

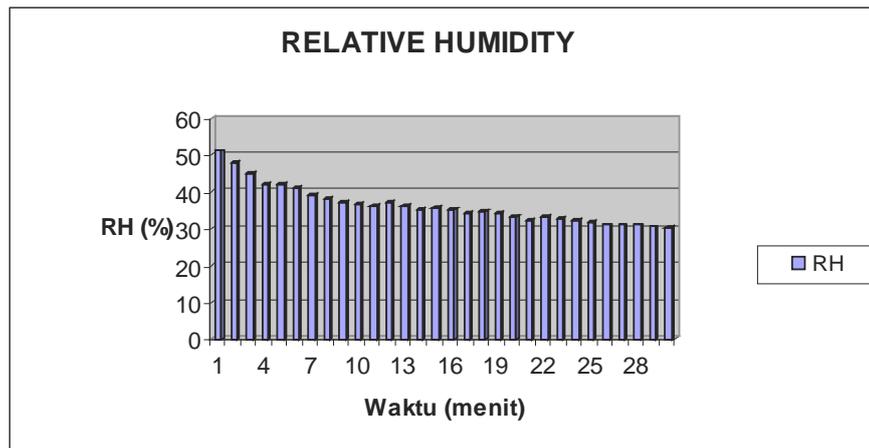


Gambar 4.7 Foto Percobaan Prototipe I

Hasil Pengujian



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Prototipe I Tanpa di Kontrol



Gambar 4.9 Grafik RH Prototipe I

Pembahasan Pengujian

Pengujian Prototipe I tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana bekerjanya pemanas (*heater*) untuk memanaskan ruangan inkubator. Pada pengujian di dapat bahwa ruangan inkubator tersebut mengalami pemanasan secara konstan selama 30 menit hingga suhu ruangan inkubator mengalami kenaikan hingga 45°C (dapat di lihat dari grafik di atas). Sedangkan kelembaban dalam ruangan inkubator mengalami penurunan secara perlahan hingga mencapai $\pm 30\%$.

4.2 Prototipe II

Prototipe II ini adalah perbaikan dari prototipe I, perbaikan tersebut terdiri dari beberapa bagian, seperti :

1. Box inkubator

Sudut – sudut *box* inkubator pada prototipe I yang kurang memenuhi syarat, seperti masih adanya sudut *box* yang tajam sehingga dapat membahayakan pengguna maupun pasien, di prototipe ini dilakukan penghalusan. Seperti terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.10 Perbaikan *Box* Inkubator

2. Penutup Box Inkubator

Perbaikan yang dilakukan terhadap penutup tersebut adalah perubahan material yang di gunakan. Pada prototipe I penutup menggunakan material plat stainless steel, perbaikan dilakukan dengan mengubah material menjadi acrylic, dengan tujuan agar penutup tidak panas saat bersentuhan dengan pasien maupun pengguna. Seperti terlihat pada gambar 4.10 .



Gambar 4.11 Perbaikan Penutup *Box*

3. Saluran Udara Panas dan *Box* Kontrol

Seperti hal nya penutup box inkubator, saluran udara panas dan box kontrol yang sebelum nya menggunakan plat stainless steel di perbaiki dengan mengubah material yang di pergunakan.

Untuk saluran udara panas material yang di gunakan adalah peltinaks dan acrylic, digunakan karena material tersebut tahan terhadap panas yang tinggi dan tidak menyerap panas, sehingga panas yang seharus nya di disribusikan ke ruangan inkubator tidak banyak terbang.

Sedangkan untuk *box* kontrol di pilihlah material acrylic, dikarenakan material tersebut tidak penghantar listrik yang baik.



Gambar 4.12 Perbaikan Saluran Udara Panas



Gambar 4.13 Perbaikan *Box* Kontrol

4.3 Prototipe III

Prototipe III ini adalah perubahan dari prototipe II yang belum memenuhi syarat sebagai inkubator transtortasi, sehingga merubah desain inkubator sebelumnya. Perubahan tersebut adalah sebagai berikut :

1. **Box Inkubator**

Box inkubator yang sebelumnya memakai material dari stainless steel seluruh nya dan hanya rangka yang memakai material besi, di coba untuk mengurangi berat dari box inkubator tersebut, sehingga didapatkan perubahannya dengan memakai material fiber glass untuk sisi-sisi nya. Untuk rangka dalam, seperti prototipe sebelum nya tidak banyak berubah, dari segi desain maupun material yang dipergunakan.



Gambar 4.14 Perbaikan Desain Box Inkubator

2. Saluran Udara Panas

Perubahan desain yang terjadi untuk saluran udara panas, yang sebelumnya menggunakan 1 kipas untuk menyalurkan udara panas ke ruangan inkubator, diperbanyak menjadi 2 kipas yang bertujuan agar mempercepat mengalirkan udara panas ke dalam ruangan inkubator. Material yang dipergunakan tetap sama dengan prototipe II, hanya ukurannya saja yang berbeda, disebabkan menggunakan 2 kipas.



Gambar 4.15 Perubahan saluran udara menjadi 2 kipas

3. Kontrol

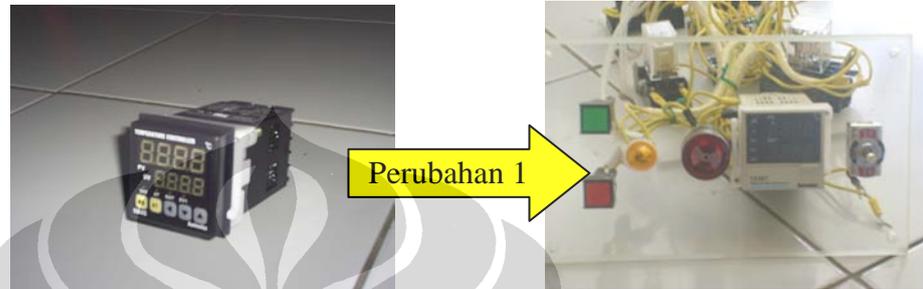
Kontrol yang dipergunakan ada 2 kali penggantian, pertama menggunakan Autonics type TZN4S diperbaruhi dengan kontrol Autonics type TZ4ST, hingga di perbaruhi kembali dengan kontrol rakitan.

Perbedaan dari Autonics dua type tadi terletak pada pengontrolnya, dimana Autonics type TZN4S tersebut tidak dapat mengontrol lebih dari 1 karakter, sedangkan type TZ4ST dapat mengontrol 2 karakter, dimana yang dimaksud dengan 2 karakter adalah bahwa selain

mengontrol hidup matinya pemanas, dapat juga mengontrol matinya power (suplai arus) secara otomatis jika temperatur di dalam ruangan inkubator melebihi temperatur yang dikawatirkan.

Kelebihan dari kontrol rakitan tersebut adalah :

- Kontrol tidak mengontrol hidup matinya pemanas, tetapi mengontrol arus listrik ke pemanas tersebut.



Gambar 4.16 Perubahan Pertama Kontrol

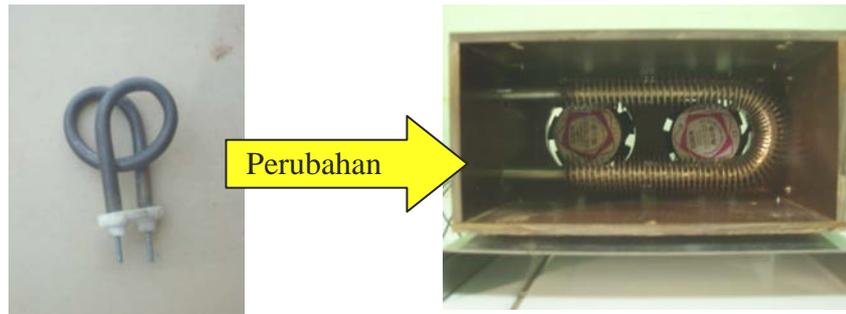


Gambar 4.17 Perubahan Kedua Kontrol

4. Pemanas (*Heater*)

Perubahan yang dilakukan pada pemanas adalah:

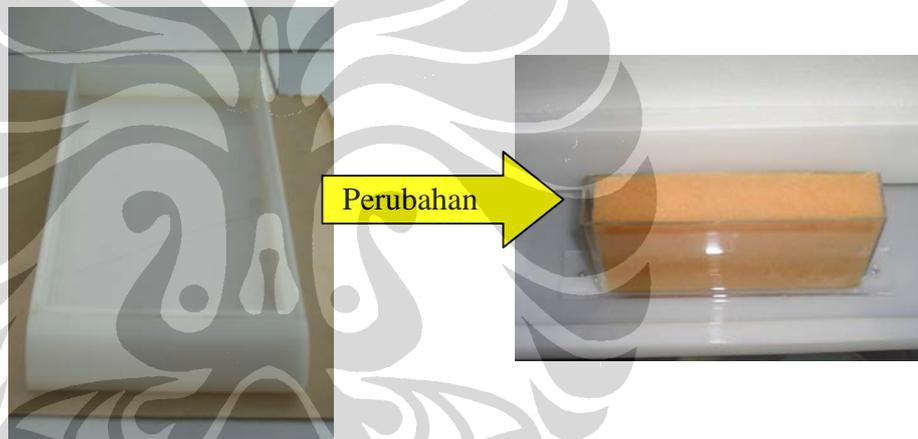
- Daya yang digunakan di naikkan dari 100W menjadi 300W, tujuan dari menaikkan daya pemanas agar suplai udara panas ke ruangan hood lebih cepat.
- Penambahan sirip pada pemanas, agar tidak banyak terbuangnya panas dari elemen pemanas.



Gambar 4.18 Perubahan Pemanas

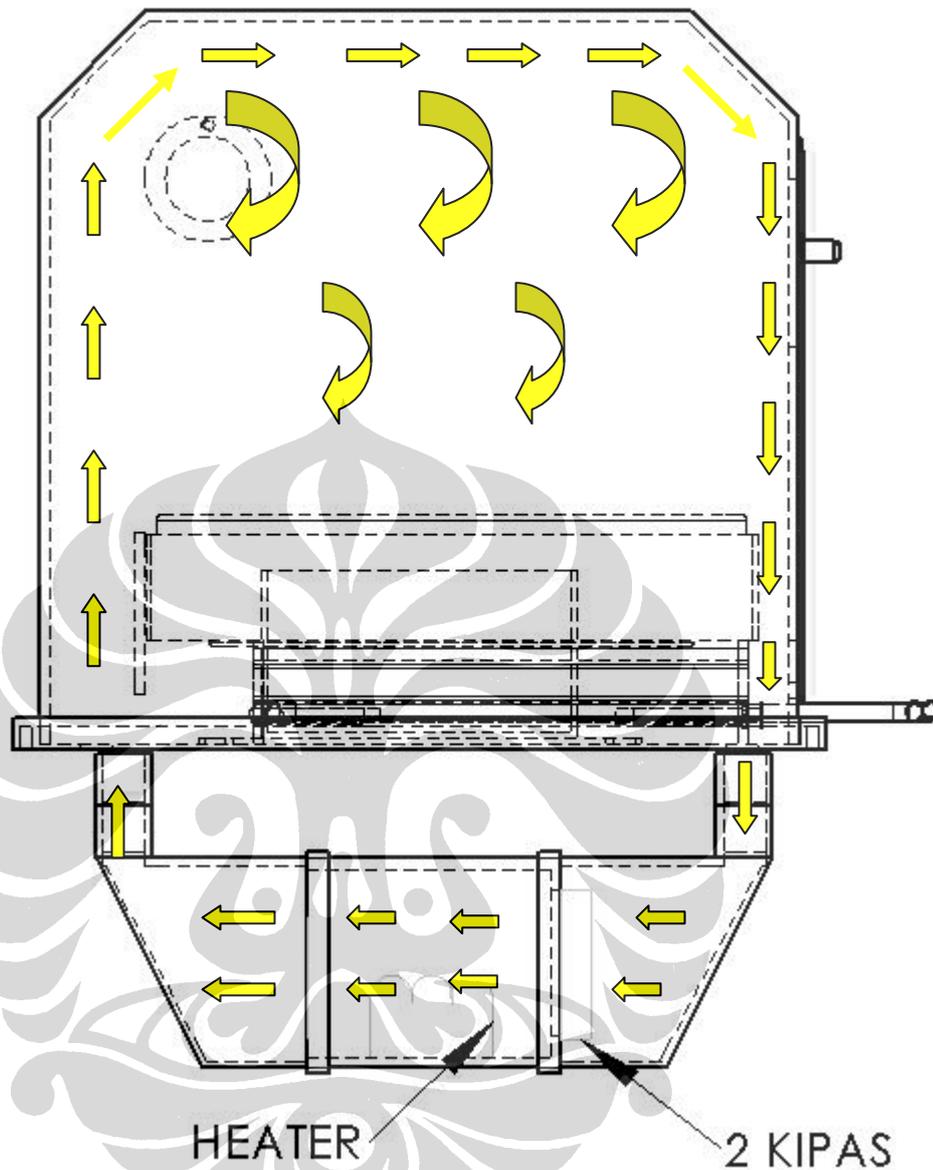
5. Tempat Air (Kelembaban)

Pada prinsipnya tempat air ini tidak banyak berubah, perubahannya cuma pada bentuknya saja, prinsipnya masih menggunakan busa agar air tidak tumpah jika ada guncangan.



Gambar 4.19 Perubahan Tempat Air

6. Gambaran Aliran Udara Panas



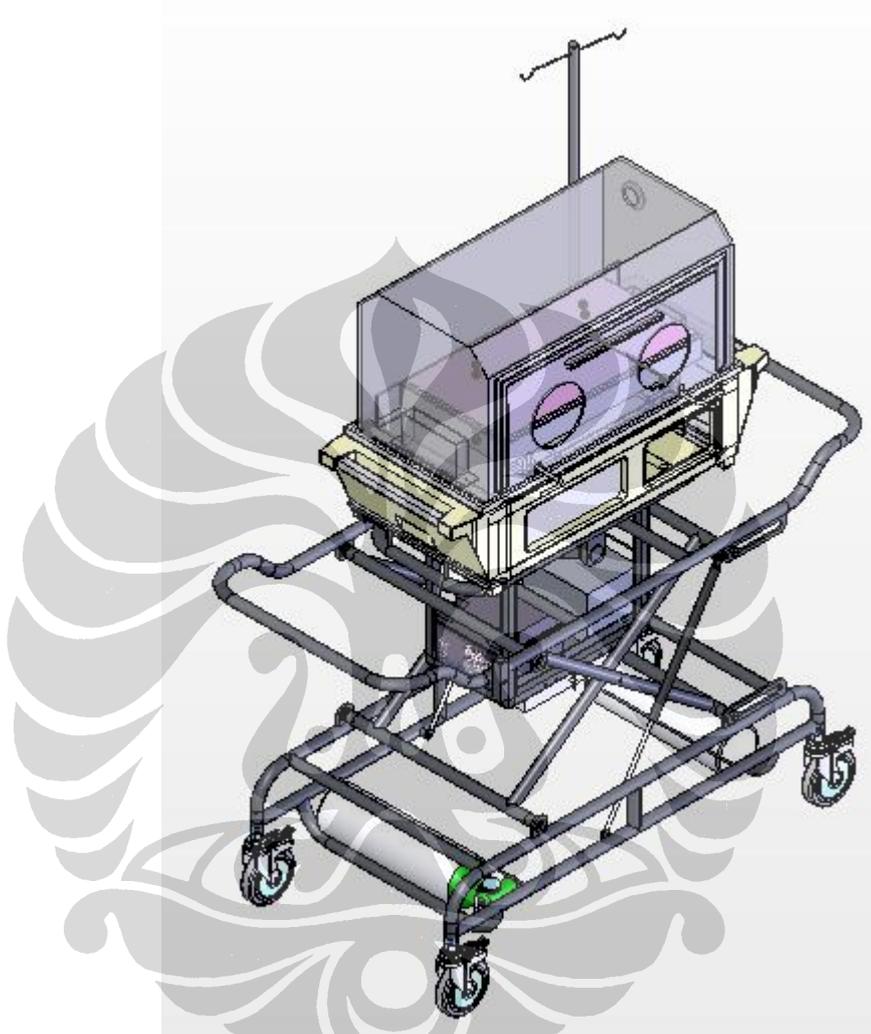
Gambar 4.20 Gambaran aliran udara panas dalam hood

Gambar di atas menunjukkan bagaimana arah aliran udara panas yang terjadi pada inkubator prototipe III.

Udara di kipaskan ke arah belakang dari hood, tujuannya agar tidak banyak panas yang terbuang jika pintu hood di buka oleh pengguna. Diantara saluran keluar udara panas ke hood dengan nampan/tempat tidur diberikan sekat/dinding pemisah, tujuannya agar udara panas dari pemanas

tidak langsung ke tubuh bayi jika sewaktu-waktu anggota tubuh bayi menutupi lubang keluar udara panas.

7. Disain Prototipe III



Gambar 4.21 Disain Prototipe III

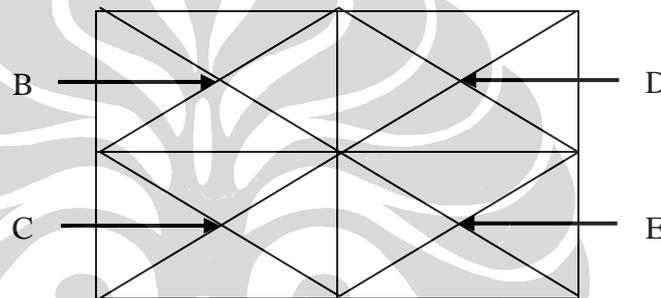
Setelah evaluasi Prototipe pertama dan kedua, maka didapatkan disain prototipe ketiga yang telah di buat. Gambar ini menunjukkan bagaimana inkubator transportasi lengkap dengan trolley yang dirancang sesuai dengan fungsinya.

4.3.1 Pengujian Prototipe III

Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pengujian Temperatur Ruang Hood

Prototype dikembangkan dan diuji, tanpa bayi di dalam inkubator, pada kondisi yang berbeda di lapangan. Temperatur ruang *hood* diseting berkisar antara 30 – 38 °C. Terdapat kontrol untuk mencegah panas lebih atau kegagalan pada kipas. Sensor temperatur ditempatkan pada tiap-tiap sudut seperti pada skema diagram di bawah ini [8];



Gambar 4.22 Titik-titik pengukuran temperature

Penempatan titik-titik pengukuran temperatur inkubator transportasi pada titik 10 cm di atas kompartemen bayi. Pembukaan pintu menyebabkan penurunan temperatur di dalam inkubator transportasi. Perbedaan nilai maksimum dan minimum temperatur udara diantara keempat titik-titik temperatur dikalkulasikan setiap menitnya.

Pengujian prototype yang dilakukan adalah prototype yang ketiga. Pengujian prototype ini dilakukan di tiga tempat dengan kondisi yang berbeda di lapangan, yaitu di ruangan tak ber AC, di ruangan ber AC dan di ruangan pendingin (Cool Storage).

Tujuan :

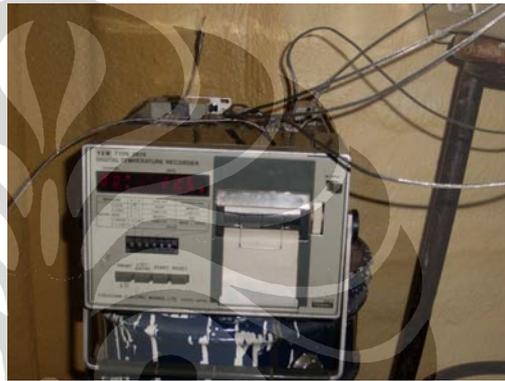
Pengujian prototype ini dilakukan di tiga tempat yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui apakah pemanas

inkubator dapat mengalirkan panas ke dalam hood jika temperatur ruangan sampai dengan 20°C

4.3.2 Skema dan Alat-alat Pengujian

Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian inkubator prototipe III adalah:

- Digital Temperature Recoder, sebagai alat pembaca temperatur yang ada di dalam hood
- Termokopel tipe K (5 termokopel)
- Regulator (alat untuk mengatur tegangan listrik)



Gambar 4.23 Foto Digital Temperature Recorders

Skema Pengujian yang Dilakukan :

Dalam pengujian inkubator, pengujian temperatur yang diambil 10cm dari tempat tidur bayi pada 4 titik pengambilan dan 1 titik untuk kelembapan (wet-bulb) udara di dalam hood. Skema pegujian dapat di lihat pada gambar 4.



Gambar 4.24 Skema Pengujian di Dalam Hood Inkubator

Pengujian dengan menggunakan kontrol Autonics type TZ4ST

1. Ruang Tak Ber AC

Pengujian prototype di ruangan tak ber AC dilakukan dengan beberapa setting control yang berbeda. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besar temperatur yang ditunjukkan keempat termokopel di dalam ruang hood untuk setingan control yang berbeda.

a. Setting control :

Posisi termokopel saat pengujian :

- Suhu yang dikontrol : 32 °C
- Alarm hidup pada : + 2
- Emergency power : + 3
- Mati-hidup heater : $\pm 0,2$



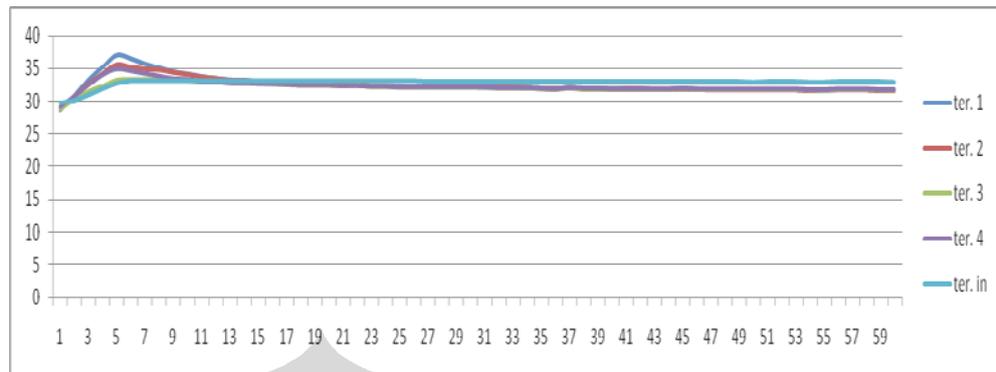
Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 27,5$ °C
- $T_2 = 27,5$ °C
- $T_3 = 27,5$ °C
- $T_4 = 27,5$ °C
- $T_{in} = 29,6$ °C
- $T_H = 27,5$ °C

Data hasil pengujian : terlampir

Grafik hasil pengujian :

1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, dan 4 yang berada di ruang inkubator.

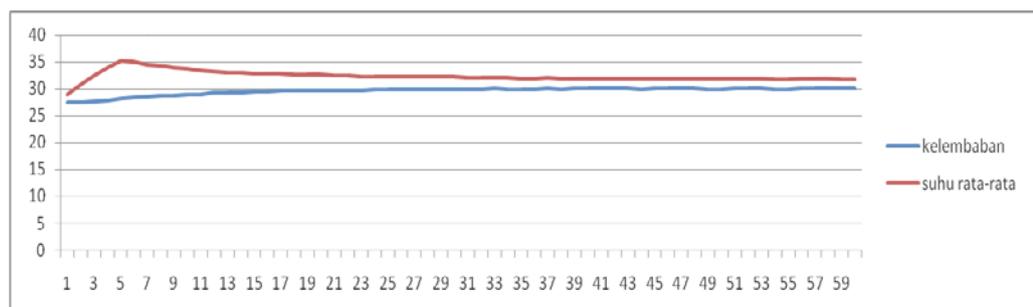


Gambar 4.25 Grafik Pengujian 32°C Ruang Tak Ber AC

Analisa :

Setelah 4 menit lebih, termokopel kontrol menunjukkan temperatur 32°C, sehingga pemanas mati secara otomatis, tetapi 4 termokopel yang ada di dalam hood menunjukkan temperatur yang bervariasi dari 32 – 35,2°C. Walaupun pemanas telah mati temperatur di dalam hood masih mengalami kenaikan mulai dari menit ke-5 hingga maksimum pada menit ke-11, nilai maksimum dari 4 termokopel tersebut berkisar 33 – 33,8°C. Kemudian temperatur di dalam inkubator tersebut mengalami penurunan secara konstan hingga menit ke-60, dengan nilai temperatur 31°C. Pemanas tidak hidup kembali dikarenakan termokopel kontrol masih menunjukkan temperatur 32,9°C, sedangkan setingan kontrol di $\pm 0,2$ dari temperatur kontrol 32°C.

2. Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata.



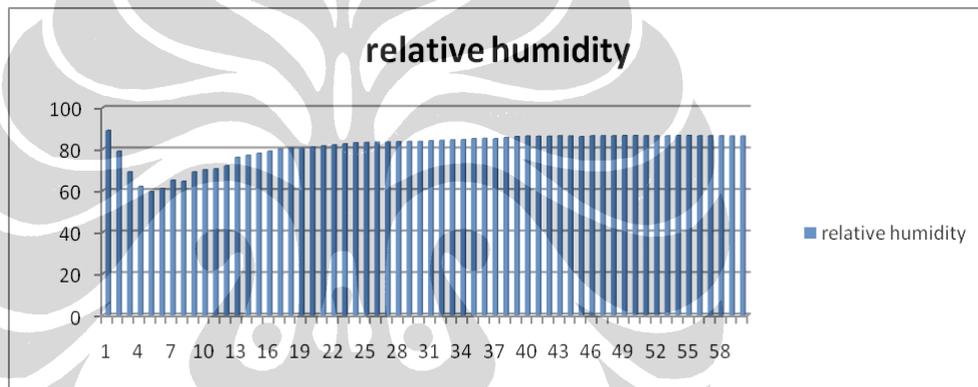
Grafik 4.26 Grafik wet-bulb dan dry-bulb 32°C Ruang Tak Ber AC

Analisa :

Dari grafik diperoleh bahwa temperatur wet-bulb mengalami kenaikan temperatur secara konstan hingga 30°C.

Kegunaan mengetahui wet-bulb dan dry-bulb, untuk mencari nilai relative humidity yang terjadi pada ruangan hood. Pada pengujian ini penulis tidak membahas tentang nilai relative humidity, walaupun grafik relative humidity dapat di cari dengan membandingkan nilai dry-bulb dan wet-bulb pada Psychrometric chart.

3. Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

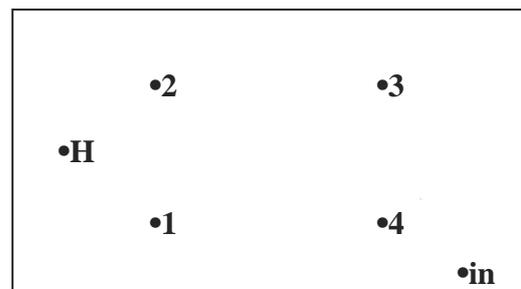


Grafik 4.27 Grafik RH 32°C Ruangan Tak Ber AC

2. Ruangan Ber AC

a. Setting control : Posisi termokopel saat pengujian :

- Suhu yang dikontrol : 31 °C
- Alarm hidup pada : ± 3
- Emergency power : ± 4
- Mati-hidup heater : ± 0,2



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

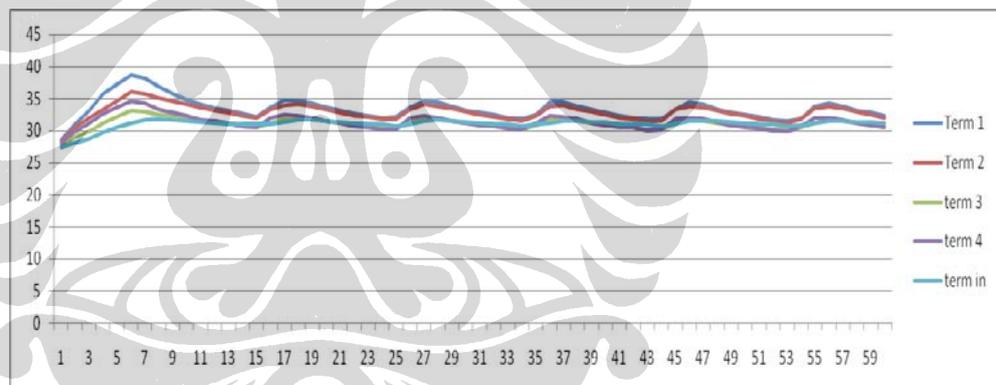
Suhu luar ruang incubator : 22,2 °C

- $T_1 = 25,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_2 = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_3 = 25,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_4 = 25,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 26,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_H = 24,4 \text{ }^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian : terlampir

Grafik hasil pengujian :

1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan termokopel yang berada diruang inkubator.



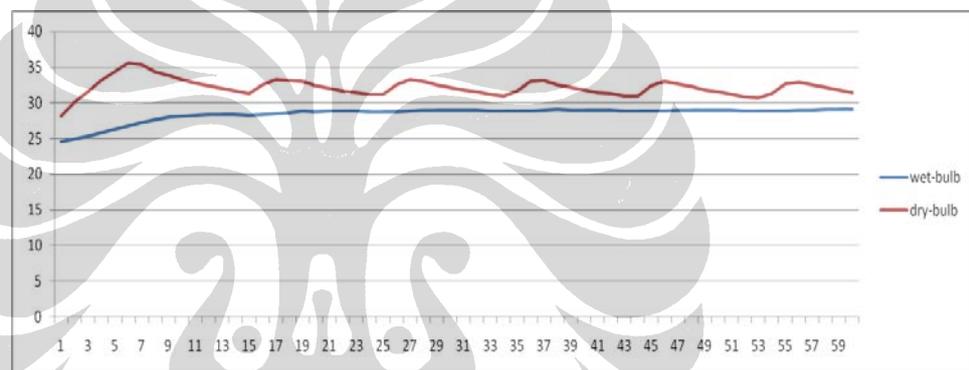
Gambar 4.28 Grafik Pengujian 31°C Ruangan ber AC

Analisa hasil pengujian :

Setelah 5 menit lebih, termokopel kontrol menunjukkan temperatur $31,2^\circ\text{C}$, sehingga pemanas mati secara otomatis, tetapi 4 termokopel yang ada di dalam hood menunjukkan temperatur yang bervariasi dari $33,7 - 37,1^\circ\text{C}$. Walaupun pemanas telah mati temperatur di dalam hood masih mengalami kenaikan mulai dari menit ke-5 hingga maksimum pada menit ke-6, nilai maksimum dari 4 termokopel tersebut berkisar $34,6 - 38,6^\circ\text{C}$. Kemudian temperatur di dalam inkubator tersebut mengalami penurunan secara konstan

hingga menit ke-14, dengan nilai temperatur berkisar $30,8 - 32,5^{\circ}\text{C}$. Pada menit ke-15 pemanas hidup kembali dikarenakan temperatur pada termokopel kontrol menunjukkan nilai $30,8$, pemanas mencapai temperatur yang diinginkan kembali pada menit ke-16, sehingga pemanas kembali mati dikarenakan termokopel telah menunjukkan nilai $30,2$. Pada pengujian tersebut pemanas mengalami hidup mati selang waktu ± 10 menit sekali, tetapi nilai temperatur di dalam hood tersebut kurang dari 35°C , sehingga dinyatakan aman untuk dipergunakan .

2. Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata.



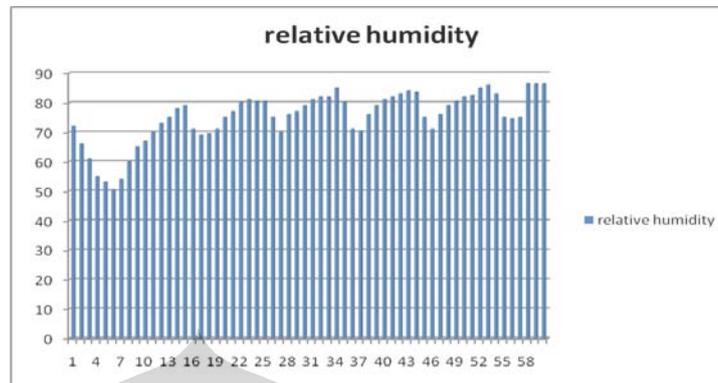
Gambar 4.29 Grafik wet-bulb dan dry-bulb 31°C Ruang Ber AC

Analisa hasil pengujian :

Dari grafik diperoleh bahwa temperatur wet-bulb mengalami kenaikan temperatur secara konstan hingga 29°C , walaupun temperatur di dalam hood mengalami naik dan turun secara konstan.

Kegunaan mengetahui wet-bulb dan dry-bulb, untuk mencari nilai relative humidity yang terjadi pada ruangan hood. Pada pengujian ini penulis tidak membahas tentang nilai relative humidity, walaupun grafik relative humidity dapat di cari dengan membandingkan nilai dry-bulb dan wet-bulb pada Psychrometric chart.

3. Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian



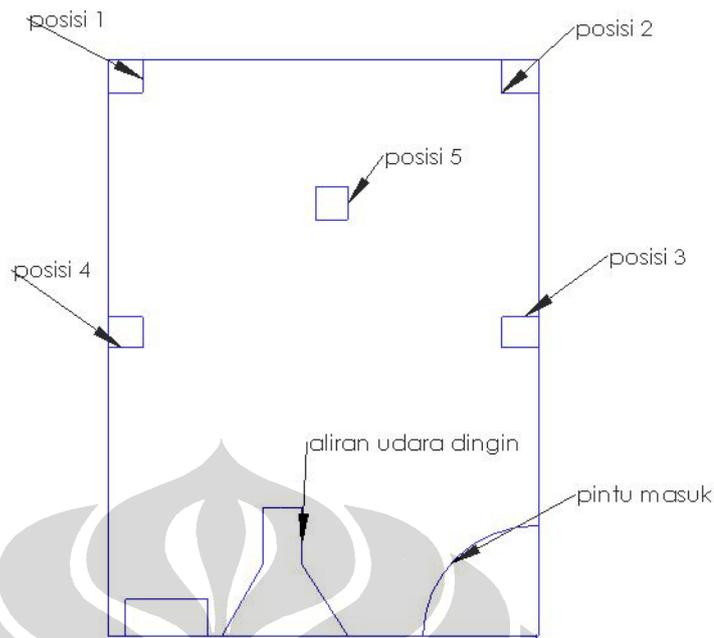
Gambar 4.230 Grafik RH 31°C Ruang Ber AC

Pengujian dengan menggunakan kontrol Rakitan

1. Ruang Pendingin

Sebelum dilakukan pengujian di ruangan pendingin, terlebih dahulu dilakukan pengujian awal ruangan pendingin (cool storage) tanpa incubator berada di dalam ruangan. Hal ini dilakukan untuk menentukan dimana posisi yang baik dalam pengujian incubator. Pengujian ini dilakukan beberapa kali dengan beberapa variasi bukaan pintu ruangan yaitu 0°, 18°, 36°, 54°, 72°, dan 90°. Perbedaan nilai maksimum dan minimum temperatur udara diantara keempat titik-titik temperatur dikalkulasikan setiap 5 menit.

Adapun posisi pengambilan temperature di dalam ruangan pendingin adalah :



Gambar 4.31 Posisi pengambilan temperatur

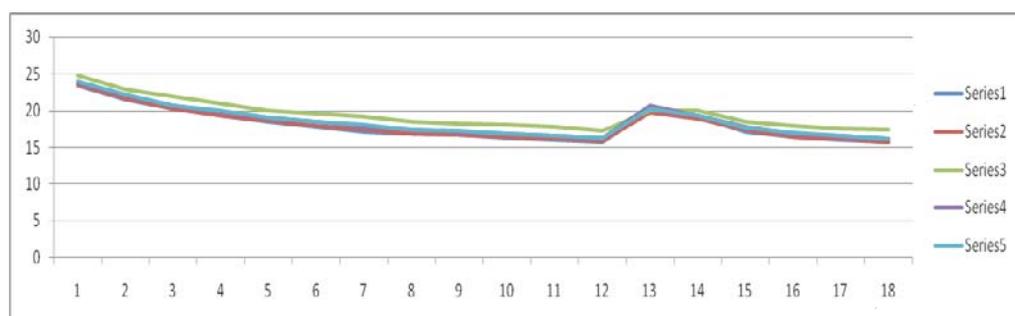
Yang perlu di perhatikan:

- Ruang di control untuk mendapatkan temperature 12°C
- Pembacaan temperature di dalam ruangan di saat control pada refrigeration menunjukkan 13°C
- Alat yang digunakan untuk pengukuran *digital temperature recoder*
- Yang didapat dari pengukuran adalah suhu termokopel 1-5

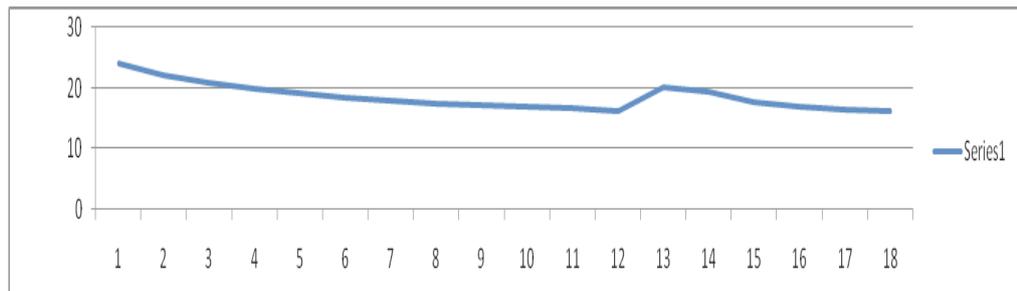
Pengujian Karakteristik Ruang Pendingin

Grafik hasil pengujian :

1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan 5 yang berada diruangan pendingin, dengan pengambilan data 5 menit sekali dalam waktu 1 setengah jam.



Grafik 4.32 Grafik tiap-tiap Titik Bukaank Pintu 0°



Grafik 4.33 Grafik suhu Rata-rata Dari bukaan Pintu 0°

Analisa :

Dari hasil pengujian didapat temperatur di ruangan pendingin cenderung turun hingga di bawah 20°C dan akan naik kembali disaat refrigerator mati. Ketika refrigerator hidup kembali temperatur akan turun secara berlahan-lahan kembali hingga konstan.

Pengujian Inkubator di Ruangan Pendingin

- Pengujian Inkubator ini menghiraukan alarm, dimana alarm tidak di pasang. Pengujian di ruangan pendingin ini dilakukan dengan menggunakan kontrol rakitan. Hal ini dilakukan bertujuan untuk memperoleh temperatur yang stabil dalam ruang inkubator dan mengetahui apakah kontrol yang dibuat tersebut dapat bekerja dengan baik.

Setting mesin : 12 °C

Setting control :

Suhu yang dikontrol : 32 °C

Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

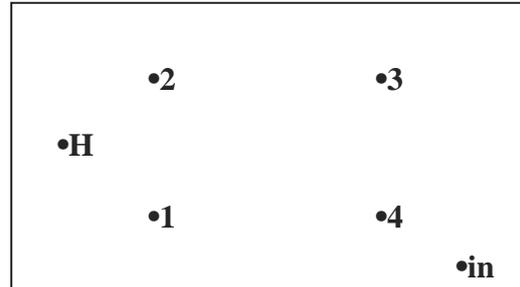
Temperatur luar ruangan : 32 °C

- Suhu ruangan pendingin (T_{cs}) : 22,4 °C

- $T_1 = 25,4$ °C

Posisi termokopel saat pengujian :

- $T_2 = 25,5$ °C



- $T_3 = 25,3$ °C

- $T_4 = 24,9$ °C

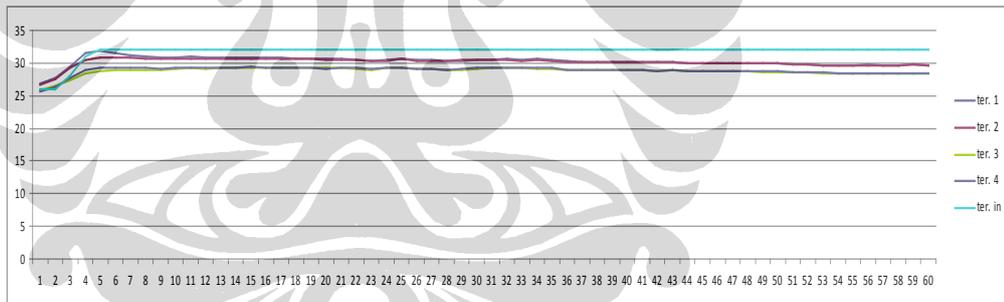
- $T_{in} = 25$ °C

Data pengujian : terlampir

• T_{cs}

1. Grafik hasil pengujian :

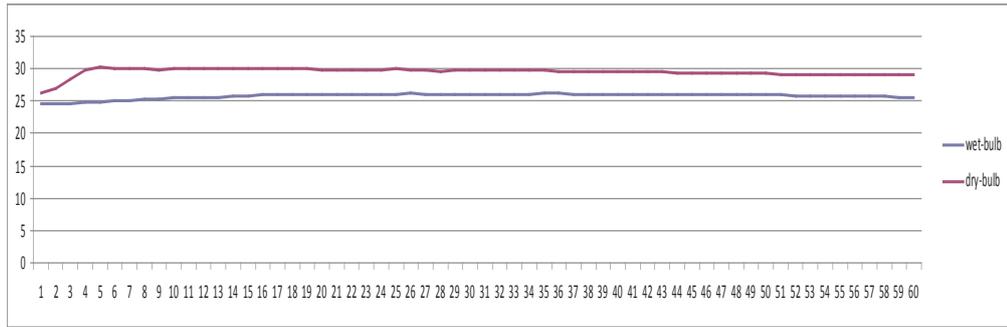
Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan kontrol yang berada diruangan pendingin dengan temperatur ruangan 22 °C



Gambar 4.34 Grafik pengujian Ruangan Pendingin Temperatur 22 °C

Analisa :

Setelah 5 menit , termokopel kontrol menunjukkan temperatur 32°C, sedangkan temperatur di dalam hood berkisaran pada temperatur 29,3 -31,8°C. Pada pengujian ini tidak terdapat hidup atau mati nya pemanas, dikarenakan kontrol rakitan tersebut bukan mengontrol hidup matinya pemanas, tetapi mengatur daya listrik ke pemanas, sehingga temperatur di hood lebih konstan dibandingkan dengan kontrol yang mengatur hidup atau matinya pemanas.



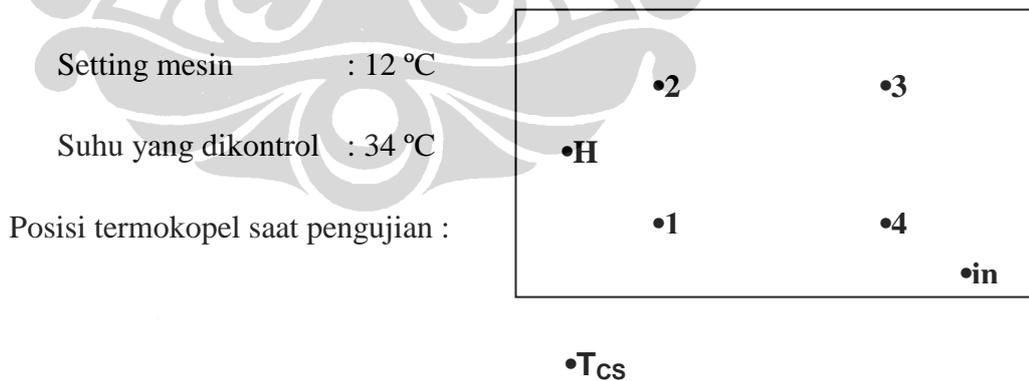
Gambar 4.35 Grafik wet bulb dan dry bulb ruangan pendingin

Analisa :

Wet-bulb pada pengujian ini cenderung naik pada 5 menit pertama, dan stabil pada kisaran temperature 30C. Sedangkan dry-bulb cenderung naik sampai akhirnya stabil pada kisaran temperatur 25C. Mengetahui nilai wet -bulb dan dry-bulb untuk mendapatkan kelembaban yang terjadi di dalam hood. Pada penelitian ini penulis tidak membahas kelembaban pada ruangan hood.

Perbandingan Pemanas dengan daya 300W dengan 250W

Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan menggunakan pemanas 250 W dapat mengalirkan panas yang diinginkan ke ruang inkubator.



Tabel 4.1 Perbandingan Temperatur Pada pemanas 300W dan 250W

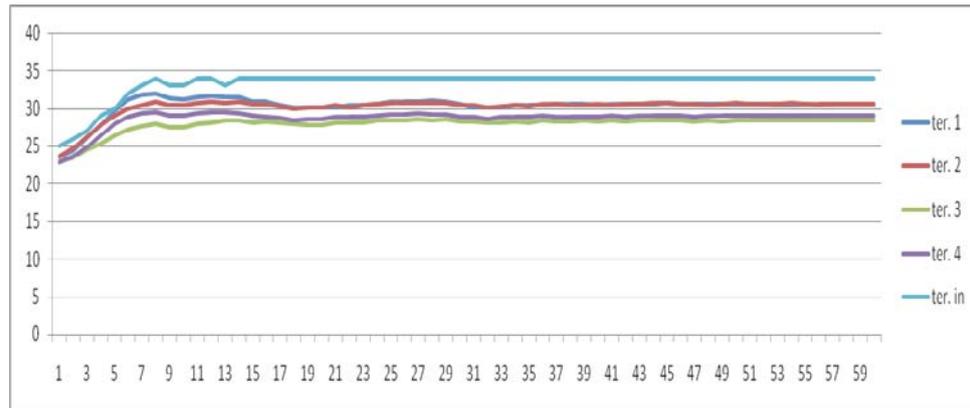
Pengujian dengan menggunakan heater 300 W	Pengujian dengan menggunakan heater 250 W
<p>Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :</p> <p>Temperatur luar ruangan : 30 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suhu ruangan pendingin (T_{CS}) : 20,4 °C • $T_1 = 22,8$ °C • $T_2 = 22,7$ °C • $T_3 = 22,3$ °C • $T_4 = 22,2$ °C • $T_{in} = 24$ °C • $T_H = 22,4$ °C 	<p>Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :</p> <p>Temperatur luar ruangan : 28 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suhu ruangan pendingin (T_{CS}) : 21,6 °C • $T_1 = 28,2$ °C • $T_2 = 28,3$ °C • $T_3 = 26,8$ °C • $T_4 = 27,4$ °C • $T_{in} = 26$ °C • $T_H = 23,5$ °C

Data pengujian : terlampir

1. Grafik hasil pengujian :

Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan kontrol yang berada diruangan pendingin dengan temperatur ruangan 20 °C

Dengan menggunakan heater 300 W

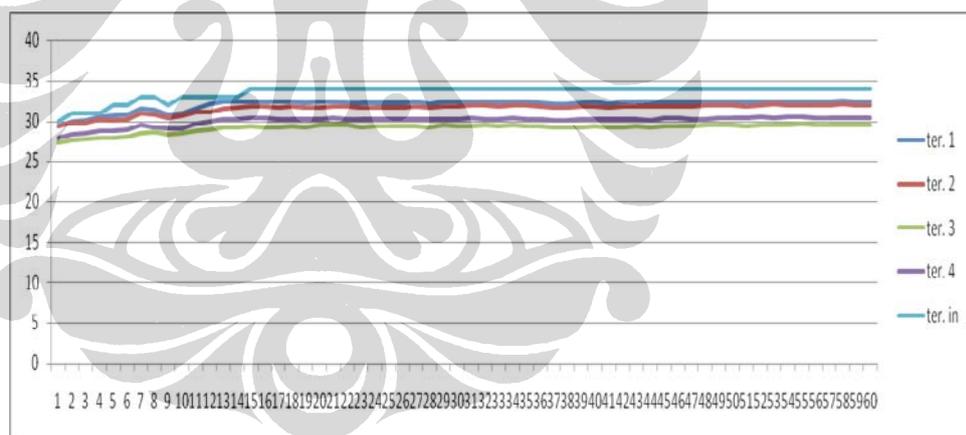


Gambar 4.36 Grafik Menggunakan Pemanas 300W

Analisa :

Pada 8 menit awal setelah pemanas dihidupkan, termokopel menunjukkan kenaikan suhu hingga mencapai maksimum 32,0 °C. Kemudian secara perlahan-lahan cenderung stabil dengan termokopel menunjukkan nilai temperature pada 30 °C selama 60 menit pengujian.

Dengan menggunakan heater 250 W

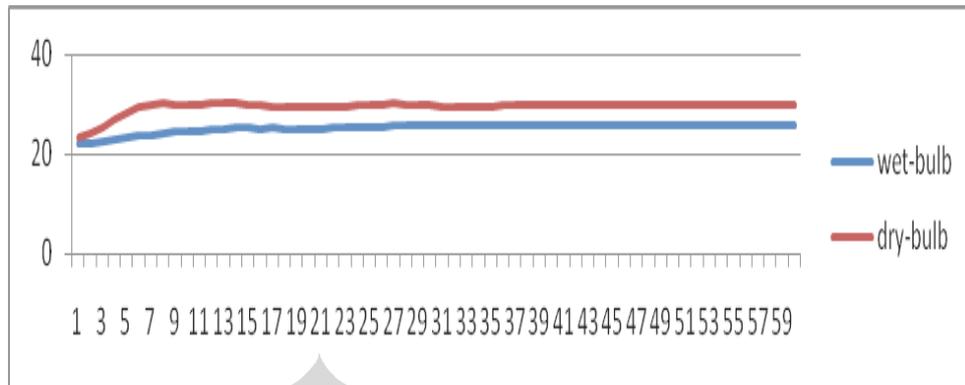


Gambar 4.37 Grafik Menggunakan Pemanas 250W

Analisa :

Pada 8 menit awal setelah heater dihidupkan, termokopel menunjukkan kenaikan suhu hingga mencapai maksimum 31,4 °C. Kemudian secara perlahan-lahan cenderung stabil dengan termokopel menunjukkan nilai temperature pada 31 °C selama 60 menit pengujian.

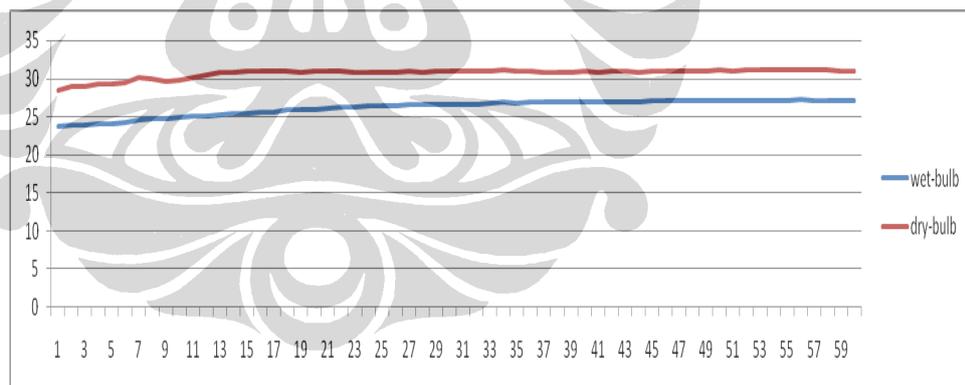
2. Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata dan kelembaban
 Dengan menggunakan heater 300 W



Grafik 4.38 Grafik wet-bulb dan dry-bulb Pemanas 300W

Analisa :

Dari grafik diperoleh bahwa suhu rata-rata naik pada 8 menit awal saat heater hidup hingga mencapai 30,125 °C, kemudian cenderung stabil pada nilai 30 °C. Sedangkan kelembaban menunjukkan suhu yang terus meningkat secara perlahan-lahan hingga mencapai nilai 25,9.

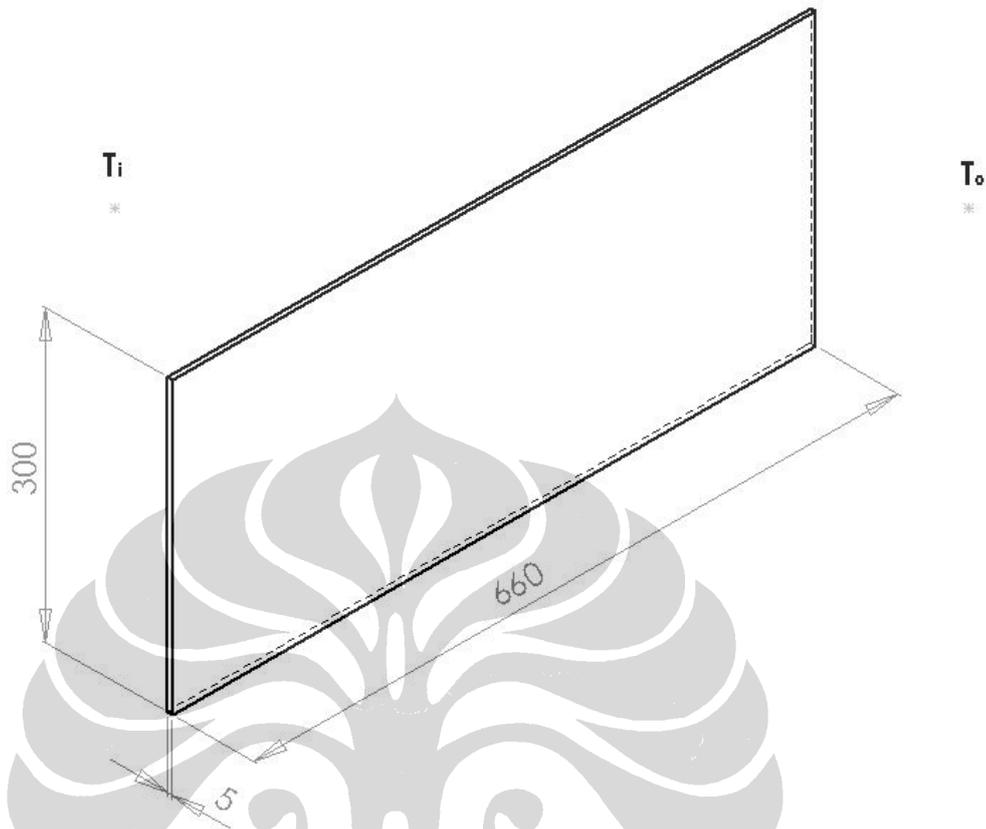


Grafik 4.39 Grafik wet-bulb dan dry-bulb Pemanas 250W

Analisa :

Dari grafik diperoleh bahwa suhu rata-rata naik pada 8 menit awal saat heater hidup hingga mencapai 31 °C, kemudian cenderung stabil pada nilai 30 °C. Sedangkan kelembaban menunjukkan suhu yang terus meningkat secara perlahan-lahan hingga mencapai nilai 27..

4.4 Menghitung Panas yang Terbuang dari Dinding Belakang



Perpindahan panas pada Inkubator ini mengalami 3 proses perpindahan panas.

- Perpindahan Panas Secara konveksi pada ruangan hood
- Perpindahan Panas Secara konduksi pada dinding dalam ke luar inkubator
- Perpindahan Panas Secara konveksi dari dinding luas Inkubator ke udara luar

Permisalan:

Temperatur yang diinginkan di dalam inkubator 37 , dengan kecepatan udara yang mengalir dalam inkubator $0,1$ m/s (diambil dari standar paten), udara di luar inkubator $27C$ (di ambil pada pengujian di ruangan LAB.Perpindahan Kalor) dengan kecepatan udara di misalkan $1,2$ m/s. Panas mengalir dari ruangan hood ke ke udara luar.

Penyelesaian :

$$T_i = 37^{\circ}C$$

$$T_o = 27^{\circ}C$$

$$U_i = 0,1 \text{ m/s}$$

$$U_o = 1,2 \text{ m/s}$$

$$k = 0,15 \text{ W/m}^{\circ}C \text{ (Acrylic)}$$

$$L = 0,66 \text{ m}$$

$$\Delta x = 0,005 \text{ m}$$

Mencari koefisien konveksi udara dalam hood

Terlebih dahulu kita lihat sifat-sifat udara pada suhu film

$$T_f = T_i$$

$$T_f = 37 + 273 = 310 \text{ K}$$

T_f (K)	Pr	ν (m ² /s) $\times 10^{-6}$	k (W/m °C)
300	0,708	15,69	0,02624
350	0,697	20,76	0,03003

Jadi Pr, ν , k untuk suhu 310 K adalah

$$Pr = 0,708 + \frac{(0,697 - 0,708)}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$Pr = 0,708 + \frac{(-0,011)}{50} \cdot (10)$$

$$Pr = 0,7058$$

$$k = 0,02624 + \frac{0,03003 - 0,02624}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$k = 0,02624 + \frac{0,00379}{50} \cdot (10)$$

$$k = 0,026998$$

$$\nu = 15,69 + \frac{(20,76 - 15,69)}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$\nu = 15,69 + \frac{5,07}{50} \cdot (10)$$

$$\nu = 16,704$$

Bilangan Reynold adalah :

$$Re_i = \frac{u_i \cdot L}{\nu} = \frac{(0,1) \cdot (0,3)}{16,704 \times 10^{-6}} = 1795,98$$

Bilangan Nusselt adalah :

$$Nu_i = 0,664 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

$$Nu_i = 0,664 \cdot (0,7058)^{1/3} \cdot (1795,98)^{1/2}$$

$$Nu_i = 25,05$$

$$h_i = \frac{Nu_i \cdot k}{L} = \frac{25,05 \times 0,026998}{0,3} = 2,25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Mencari koefisien konveksi udara di luar hood

Terlebih dahulu kita lihat sifat-sifat udara pada suhu film

$$T_f = T_o$$

$$T_f = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

T_f (K)	Pr	ν (m ² /s) $\times 10^{-6}$	k (W/m °C)
300	0,708	15,69	0,02624
350	0,697	20,76	0,03003

Bilangan Reynold adalah :

$$Re_i = \frac{u_i \cdot L}{\nu} = \frac{(1,2) \cdot (0,3)}{15,69 \times 10^{-6}} = 22944,55$$

Bilangan Nusselt adalah :

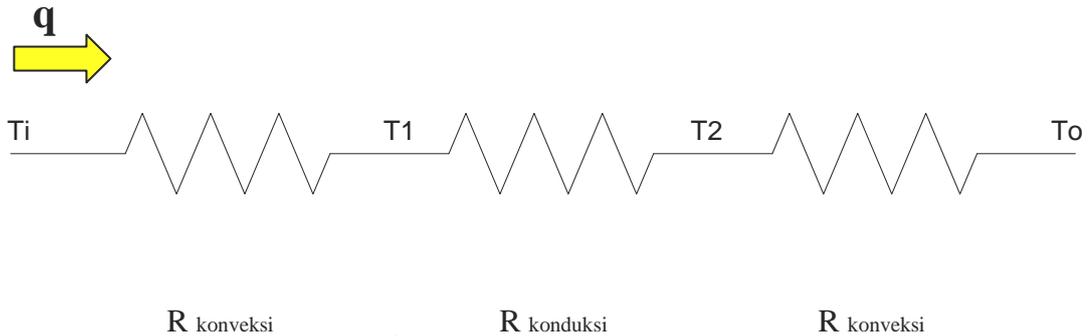
$$Nu_o = 0,664 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

$$Nu_o = 0,664 \cdot (0,708)^{1/3} \cdot (22944,55)^{1/2}$$

$$Nu_o = 89,64$$

$$h_o = \frac{Nu_o \cdot k}{L} = \frac{89,64 \times 0,02624}{0,3} = 7,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Laju Perpindahan Panas



Perpindahan panas menyeluruh adalah:

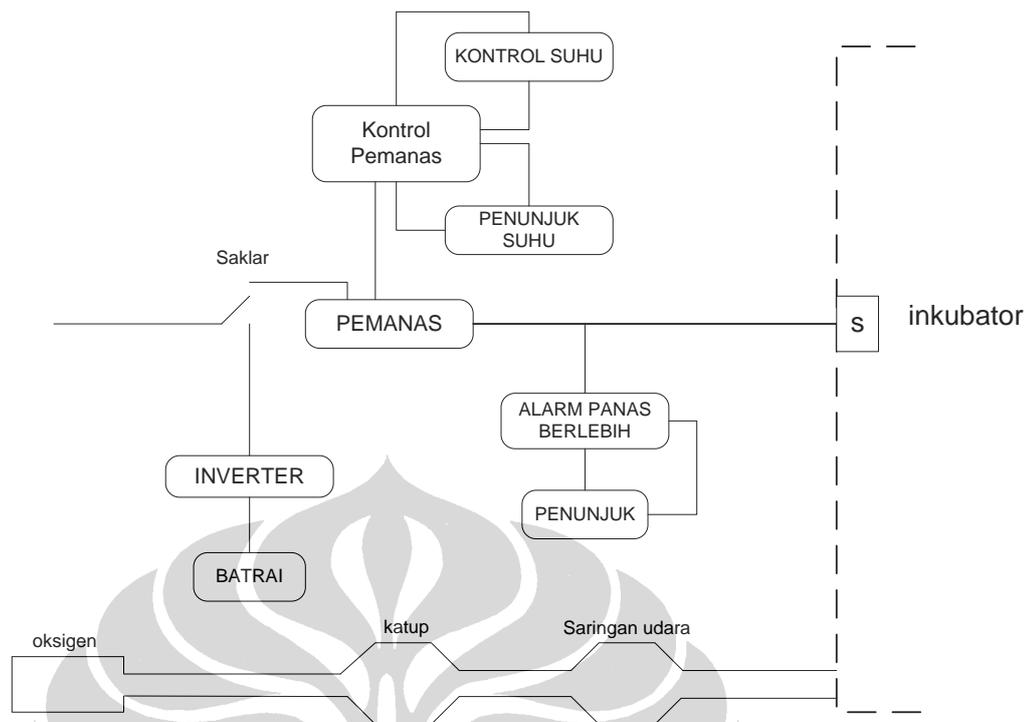
$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_i \cdot A} + \frac{\Delta x}{k \cdot A} + \frac{1}{h_o \cdot A}}$$
$$q = \frac{37 - 27}{\frac{1}{2,25 \cdot (0,198)} + \frac{0,005}{0,15 \cdot (0,198)} + \frac{1}{7,8 \cdot (0,198)}}$$
$$q = 3,27 \text{ W}$$

Sehingga panas yang terbuat dari hood adalah 3,27 Watt

4.5 Sistem Kontrol Inkubator

Inkubator yang di rancang adalah Inkubator Transportasi Udara Terkontrol , dimana inkubator tersebut dilengkapi dengan kontrol suhu udara otomatis menggunakan sensor suhu udara sehingga mendekati suhu yang diatur oleh personil, dan inkubator transportasi adalah inkubator yang menggunakan dua arus listrik untuk menjalankannya.

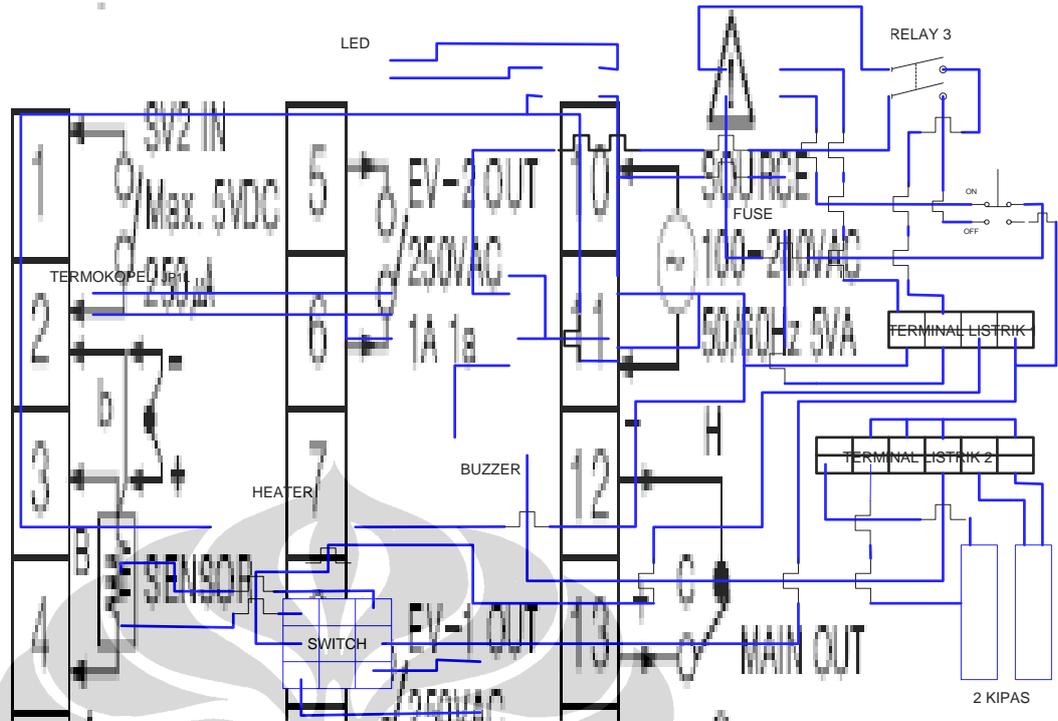
Gambaran skema kontrol inkubator yang di rancang :



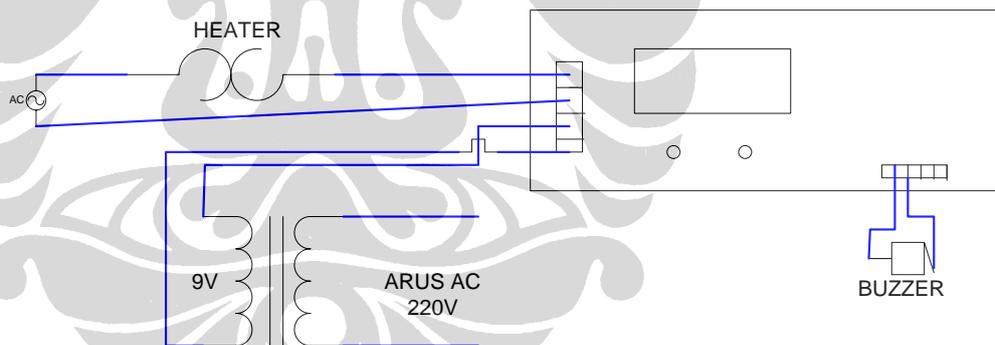
Gambar 4.40 Skema Sistem kontrol Inkubator

Penjelasan Gambar :

- Komponen-komponen yang digunakan menggunakan arus listrik AC, kecuali disaat inkubator menggunakan kontrol rakitan, dimana kontrolnya menggunakan arus listrik DC.
- Inkubator dapat di operasikan dengan menggunakan dua arus listrik, dimana penukarannya secara manual, dengan menggunakan saklar.
- Pada saat menggunakan arus listrik DC, arus di ubah kembali ke arus AC dengan bantuan Inverter sebagai pengubah arus.
- Pemanas menggunakan arus listrik 300W yang dikontrol dengan menggunakan termokopel di dalam hood inkubator.
- Kontrol inkubator dilengkapi dengan penunjuk suhu dan kontrol suhu.
- Jika panas berlebih di dalam ruangan hood inkubator , inkubator menggunakan alarm dengan penunjuk.
- Oksigen yang melalui tabung oksigen maupun udara luar terlebih dahulu melalui katup dan saringan udara baru sampai ke ruangan hood inkubator.



Gambar 4.41 Rangkaian Kontrol Type TZ4ST



Gambar 4.442 Rangkaian Kontrol Rakitan

Perubahan kontrol yang terjadi Pada Inkubator

Kontrol pada prototipe ini mengalami berkali-kali perubahan, dikarenakan peneliti ingin mencari yang terbaik untuk mengontrol temperatur didalam hood agar tetap stabil. Terlihat dari beberapa pengujian antara kontrol Autonics type TZ4ST

dengan kontrol rakitan, terdapat kelebihan dan kekurangan masing-masing kontrol.

Keunggulan dari kontrol Autonics type TZ4ST adalah:

- Dapat mengontrol lebih dari satu karakter
- Mudah dalam mensetting temperatur yang di inginkan.
- Dapat mengontrol temperatur sampai perbedaan temperatur 0,1°C

Kelemahannya :

- Pengontrolan temperatur kurang stabil, dikarenakan kontrol mengatur hidup dan matinya pemanas.

Keunggulan dari kontrol rakitan adalah:

- Temperatur lebih stabil, dikarenakan kontrol mengatur arus ke pemanas, bukan hidup matinya pemanas.

Kekurangannya:

- Untuk mensetting temperatur yang kita inginkan butuh waktu, dikarenakan pensettingannya harus mulai dari 120°C
- Jika kontrol dimatikan maka harus mengatur temperatur yang di inginkan kembali.
- Belum dapat mengatur temperatur sampai 0,1°C
- Kontrol Rakitan ini kurang awet, dikarenakan masih berupa prototipe yang masih harus di perbaiki kekurangannya.

Pemilihan Kontrol:

Setelah kurang lebih 15 pengujian, kontrol rakitan tidak dapat mengontrol panas sehingga inkubator prototipe III ini menggunakan kontrol Autonics TZ4ST, sebagai alternatif pengganti yang memenuhi standar.